

**PERCOBAAN POTENSI LIKUIFAKSI PADA TANAH PASIR  
SERAGAM DENGAN PERMODELAN ALAT DI  
LABORATORIUM**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program strata-1 pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Andalas*

Oleh :

**SAUT PANTAS O. SIAHAAN**  
**10 109 22 026**

Pembimbing:

**Abdul Hakam, Ph.D**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG  
2015**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PERCOBAAN POTENSI LIKUIFAKSI PADA TANAH  
PASIR SERAGAM DENGAN PERMODELAN ALAT DI  
LABORATORIUM**

Nama : SAUT PANTAS. O  
Nomor BP : 1010922026

Telah diuji dan dipertahankan dalam Ujian Sidang Tugas Akhir  
Jurusan Teknik Sipil – Fakultas Teknik Universitas Andalas  
pada tanggal 9 Juli 2015.

**TIM PENGUJI:**

1. Abdul Hakam, Ph.D

2. Sunaryo, M.Eng

3. Yosritzal, Ph.D



## **Abstrak**

Gempa bumi merupakan salah satu peristiwa alam yang akhir-akhir ini sering terjadinya di Indonesia, khususnya di Indonesia bagian barat. Getarannya yang menyebabkan hilangnya kekuatan tanah tidak hanya mengakibatkan rusaknya bangunan dan konstruksi lain, tetapi juga merubah topografi bumi. Salah satu fenomena yang sering terjadi akibat adanya gempa adalah Likuifaksi.

Penelitian dan percobaan dengan permodelan alat di laboratorium dilakukan sebagai suatu simulasi kondisi tanah dilapangan yang berpotensi mengalami likuifaksi. Sampel penelitian difokuskan kepada perilaku tanah pasir jenuh terhadap likuifaksi dengan adanya beban dinamis atau beban siklik dengan penekanan pada evaluasi pada tanah berdasarkan ukuran butiran dan tingkat keseragaman (koefisien keseragaman) atau gradasi pada tanah .

Berdasarkan hasil dan data pengujian yang diperoleh, didapatkan bahwa tanah yang cenderung berpotensi lebih besar mengalami likuifaksi adalah tanah yang tingkat keseragamannya tinggi. Tetapi tidak menutup kemungkinan tanah dengan tingkat keseragaman lebih rendah memiliki potensi likuifaksi yang tinggi karena juga dipengaruhi oleh ukuran butiran. Semakin besar ukuran butiran rata-rata tanah pasir semakin besar potensi likuifaksi yang terjadi.

**Kata Kunci :** Gempa, Likuifaksi, Koefisien Keseragaman, Ukuran Butiran

# DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan

Abstrak

Kata pengantar

Daftar Isi

Daftar Tabel

Daftar Gambar

## **Bab I Pendahuluan**

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Sistematika Penulisan	3

## **Bab II Tinjauan Pustaka**

2.1 Umum	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Tanah	6
2.2.2 Definisi Likuifaksi	8
2.2.3 Likuifaksi pada Tanah	9

2.2.3.1 <i>Flow liquefaction</i>	9
2.2.3.2 <i>Cyclic Mobility</i>	10
2.2.4 Penyebab Terjadinya Likuifaksi	12
2.2.5 Gempa Bumi	15
2.2.6 Mekanisme naiknya Tekanan Air Pori	19
2.2.7 Klasifikasi butiran tanah berdasarkan nilai koefisien keseragaman ( $C_u$ ) dan ukuran butiran ( $D$ )	21
2.2.8 Evaluasi likuifaksi dan masalah yang ditimbulkannya	24
2.2.9 Parameter Likuifaksi	27

### **Bab III Metodologi Penelitian**

3.1 Umum	29
3.2 Proses persiapan sampel dan peralatan	32
3.2.1 Pemeriksaan Berat Volume Tanah	34
A. Tujuan	34
B. Peralatan	34
C. Prosedur Percobaan	35
D. Pengolahan Data	36
3.3 Menentukan Berat Sampel untuk setiap ukuran butiran	

dan setiap variasi Derajat Kepadatan (Dr)	37
---	----

### 3.4 Percobaan Laboratorium untuk menganalisis

Likuifaksi yang terjadi	39
-------------------------	----

## **Bab IV Hasil dan Analisa Pembahasan**

4.1	Perhitungan Berat Volume	45
4.2	Berat Sampel berdasarkan nilai Derajat Kepadatan	45
4.3	Perhitungan nilai Cu berdasarkan grafik analisa saringan atau pembagian gradasi butiran	52
4.4	Penurunan yang terjadi dari hasil pengujian	55

## **Bab V Kesimpulan dan Saran**

5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	61

## **Daftar Kepustakaan**

## **Lampiran**



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Tanah merupakan tempat perletakan dari struktur bangunan sipil. Sehingga dibutuhkan kondisi tanah yang stabil yang dapat menimbulkan keamanan terhadap bangunan tersebut. Untuk mendapatkan kondisi tanah yang baik diperlukan suatu investigasi tanah untuk memperoleh gambaran karakteristik tanah, baik berupa uji lapangan maupun uji laboratorium yang nantinya dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam kegiatan perencanaan bangunan konstruksi. Dengan mengetahui karakteristik tanah, maka perencana dapat membuat suatu kesimpulan tentang perilaku tanah agar stabil dan aman. Sehingga perencana dapat mengantisipasi yang dapat mengganggu kestabilan dan keamanan tanah itu sendiri. Salah satunya bahaya yang ditimbulkan gempa yaitu beban dinamis.

Sumatera Barat khususnya kota Padang, merupakan daerah yang memiliki potensi sangat besar terhadap gempa. Sehingga hal ini menjadi perhatian khusus bagi kita semua. Maka diperlukan suatu penelitian khusus mengenai bahaya gempa ini. Salah satu permasalahan yang ditimbulkan gempa adalah bahaya likuifaksi. Bahaya likuifaksi yang ditimbulkan oleh gempa dan karakteristik tanah tertentu, yang mengakibatkan naik tegangan air pori tanah itu sendiri. Saat likuifaksi berlangsung, kekuatan tanah menurun dan kemampuan deposit tanah



untuk menahan beban menurun. Tegangan efektif tanah akibat beban siklik yang diterima tanah dengan karakteristik berbutir, jenuh air dan kepadatan sedang sampai lepas, dimana tanah tersebut mengalami perubahan sifat dari solid ke liquid. Hal ini menyebabkan kerusakan pada bangunan sipil, seperti keruntuhan. Peristiwa likuifaksi ini telah dibuktikan melalui sejarah yang telah terjadi di dunia, seperti pada gempa di Niagata, Jepang pada tahun 1964. Melihat potensi yang ditimbulkan oleh likuifaksi saat besar bagi kita, para ahli mulai mengembangkan beberapa metode praktis untuk menganalisa potensi likuifaksi dari tanah. Terdapat beberapa metode analisa likuifaksi yang telah ada, salah satunya adalah metode analisa menggunakan data pengujian lapangan, seperti uji sondir (cone penetration test), uji standar penetrasi, uji boring dan uji Swedish. Selain itu analisa potensi likuifaksi juga dapat dilakukan berdasarkan uji di laboratorium seperti analisa butiran. Dari sekian banyak metode yang ada, metode menggunakan data uji SPT merupakan metode yang sering digunakan oleh para ahli, seperti Seed dan Idriss (1971), Tatsuoka (1980), Tokimatsu dan Yoshimi (1983).

## **1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa stabilitas tanah terhadap likuifaksi. Selain itu juga mendapatkan gambaran kondisi keadaan tanah lokasi penelitian terhadap potensi likuifaksi yang mungkin terjadi berdasarkan gempa yang pernah terjadi. Selain itu, hasil penelitian dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam kegiatan perencanaan bangunan sipil di kemudian hari. Diharapkan

melalui penelitian ini, dapat dijadikan sebagai referensi untuk menganalisa bahaya likuifaksi yang mungkin terjadi di kota Padang, sehingga diperoleh suatu angka keamanan dan karakteristik tanah yang memiliki potensial terhadap bahayanya likuifaksi. Dan juga diharapkan penelitian ini dapat berguna sebagai sumber pengetahuan bagi masyarakat umum mengenai bahaya likufaksi.

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Analisa likuifaksi dibatasi di daerah penelitian yaitu Kota Padang, tepatnya di daerah pinggiran sungai Limau Manis.
2. Analisa dilakukan berdasarkan ukuran butiran dan nilai koefisien keseragaman yang didapatkan dari pengujian analisa saringan dan pengujian menggunakan meja getar sebagai beban gempa yang mengakibatkan terjadinya penurunan.

### **1.4 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan akhir ini adalah sebagai berikut:

## **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

## **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Meliputi dasar teori penelitian maupun referensi penelitian yang pernah dilakukan yang dapat membantu penyelesaian tugas akhir.

### **BAB III : METODOLOGI**

Terdiri atas uraian tahapan penelitian, mulai dari proses mendapatkan data-data di laboratorium dan metode yang digunakan untuk mendapatkan besarnya penurunan likuifaksi.

### **BAB IV : HASIL DAN ANALISA PEMBAHASAN**

Input analisis dan pembahasan hasil dari data yang didapatkan.

### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Terdiri dari kesimpulan dari tugas akhir dan saran yang dapat dijadikan pedoman untuk kedepan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Likuifaksi didefinisikan sebagai transformasi material granular dari bentuk solid menjadi cair sebagai akibat dari naiknya tekanan air pori dan kehilangan tegangan efektif (Marcuson, 1978). Naiknya tekanan air pori ini disebabkan oleh kecenderungan dari material berbutir untuk menjadi padat akibat *cyclic shear deformations*. Perubahan dalam bentuk ini secara umum dapat dengan mudah terjadi pada tanah granular dengan tipe pengaliran yang buruk pada kepadatan lepas sampai sedang seperti pasir kelanauan atau pasir dan kerikil yang tersusun atas impermeabel sedimen. Berkurangnya volume lapisan tanah pada saat likuifaksi terjadi dapat memperbesar cyclic deformation yang terjadi.

Kemudian, jika lapisan tanah tersebut merupakan material lepas, maka perubahan ini akan disertai dengan hilangnya kekuatan geser tanah, yang dapat memicu terjadinya *shear deformation*. Pada tipikal tanah dengan tingkat kepadatan sedang sampai lepas, likuifaksi dapat mengawali terjadinya kehilangan sementara dan meningkatnya regangan geser siklik, namun memiliki kecenderungan berdilatasi selama pergeseran menghalangi terjadinya kehilangan kekuatan tanah dan meluasnya deformasi yang terjadi. *Cyclic mobility* dan *cyclic*

*liquefaction* dapat berkembang mengikuti likuifaksi yang terjadi pada material berbutir dengan tingkat kepadatan sedang. Pada kemiringan terlemah hingga tanah yang datar, likuifaksi dapat menyebabkan osilasi atau *lateral spreads* sebagai akibat dari *cyclic mobility* yang terjadi. Tanah dengan kepadatan lepas akan padat selama likuifaksi dan rekonsolidasi, yang mengawali terjadinya penurunan tanah. Serta *sand boil* yang terbentuk sebagai akibat kelebihan tekanan air pori yang terdisipasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa likuifaksi adalah suatu gejala dimana pasir jenuh air yang dibebani secara siklik, akan mengalami perubahan sifat, yaitu dari sifat solid ke sifat liquid sebagai akibat dari peningkatan tekanan air pori dan pengurangan tegangan efektif dari tanah.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Tanah**

Kondisi geoteknik erat hubungannya dengan jenis tanah. Tanah dalam pengertian teknik secara umum dapat diartikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) minera-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lainnya dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Butiran-butiran mineral yang membentuk bagian padat dari tanah merupakan hasil dari pelapukan batuan. Ukuran setiap butiran padat tersebut sangat bervariasi dan sifat

fisik dari tanah bergantung pada faktor ukuran, bentuk, dan komposisi kimia butiran.

Secara garis besar karakteristik dari tanah dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Pasir lepas

Suatu deposit pasir dengan kepadatan yang rendah. Beban bergetar cenderung akan memadatkan deposit ini, sehingga getaran akan dapat mengakibatkan penurunan yang tidak dapat ditoleransikan pada tanah jenis ini.

2. *Tanah looses*

Suatu deposit tanah yang relatif seragam, tanah lanau bawaan angin. Tanah ini memiliki permeabilitas vertikal yang relatif tinggi, tetapi permeabilitas horizontal yang relatif rendah. Tanah jenis ini akan menjadi sangat *compressible* apabila dalam keadaan jenuh.

3. Lempung terkonsolidasi normal (*normally consolidated clay*)

Tanah lempung yang tidak pernah menderita tekanan yang lebih besar daripada tekanan yang ada saat sekarang. Tanah ini cenderung *compressible*, memiliki daya dukung ultimit yang rendah dan permeabilitas yang juga rendah

4. Lempung terkonsolidasi lebih (*over consolidated clay*)

Tanah lempung yang pada masa silam pernah menderita beban yang lebih besar daripada beban yang ada sekarang ini. Lempung jenis ini cenderung akan memiliki daya

dukung ultimit yang lebih tinggi dan relatif tidak *compressible*

5. Bentonit

Lempung yang mempunyai plastisitas tinggi yang dihasilkan dari dekomposisi abu vulkanis. Tanah ini bersifat ekspansif yang akan mengembang cukup besar pada kondisi jenuh.

6. Gambut

Bahan organis setegah lapuk berserat atau suatu tanah yang mengandung bahan organis berserat dalam jumlah besar. Gambut mempunyai angka pori yang sangat tinggi dan juga sangat *compressible*.

### 2.2.2 Definisi Likuifaksi

Pengertian likuifaksi diterjemahkan dalam berbagai bentuk dibawah ini diberikan beberapa definisi, diantaranya adalah:

1. Likuifaksi merupakan suatu kondisi pada massa tanah yang mengalami deformasi secara menerus pada tegangan residual yang rendah, disebabkan oleh terjadinya tekanan air pori yang meningkat yang menyebabkan berkurangnya tegangan efektif dan pada kondisi tertentu mencapai nol (Prakash, 1981)
2. Likuifaksi adalah fenomena pada suatu massa tanah, dimana tahanan geser tanah (*shear resistance*) berkurang karena beban monotonik, siklik, ataupun beban dinamik yang bekerja pada kondisi volume yang

konstan dengan regangan geser terarah yang sangat besar (Poulus dan Castro, 1985)

Pembebanan siklik pada pengujian tak berdrainase terhadap contoh tanah menyebabkan kenaikan tegangan air pori (Das, 1983). Pengujian siklik pada massa pasir dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan likuifaksi. Prakash (1981) memberikan definisi likuifaksi sebagai hilangnya kekuatan tanah pasir jenuh dengan gembur (loose) akibat meningkatnya tekanan air pori. Kenaikan tekanan air pori ini menyebabkan berkurangnya kekuatan geser tanah, yang mungkin bisa hilang sama sekali.

### **2.2.3 Likuifaksi pada Tanah**

Istilah likuifaksi sering digunakan untuk mengistilahkan berbagai macam peristiwa yang menimbulkan kerusakan pada struktur tanah jenuh air akibat beban yang diterima tanah. Hal ini terjadi karena pada beberapa peristiwa yang ada, efek yang ditimbulkan identik dan menimbulkan kesulitan untuk menciriknya satu sama lain meskipun mekanisme yang terjadi tersebut berbeda. Secara umum, perilaku likuifaksi pada tanah berdasarkan mekanisme terjadinya dibedakan atas 2 bagian yaitu *flow liquefaction* dan *cyclic mobility*.

#### **2.2.3.1 Flow liquefaction**

*Flow liquefaction* adalah peristiwa rusaknya keseimbangan statis tanah akibat beban statis maupun dinamis pada deposit tanah dengan kekuatan residual tanah rendah. Dimana, kekuatan residual ini merupakan sisa kekuatan dari tanah yang terlikuifaksi. *Flow liquefaction*



mampu menghasilkan efek yang paling dinamis dari semua peristiwa yang berkaitan dengan perilaku likuifaksi pada tanah, dan instabilitas luar biasa yang dikenal sebagai *flow failures*. *Flow liquefaction* terjadi pada saat tegangan geser yang dibutuhkan.

Untuk menjaga keseimbangan statis suatu massa tanah lebih besar daripada kekuatan geser tanah pada saat trlikuifaksi. Pada dasarnya, besarnya deformasi yang dihasilkan oleh *flow liquefaction* sangat dipengaruhi oleh tegangan geser statis. Tegangan siklik dapat dengan mudah membuat ketidakstabilan pda tanah ketika tanah mempunyai tahanan yang cukup untuk melawan statik stress. Gempa bumi, ledakan, dan getaran yang dihasilkan dari *pile driving hammer* merupakan contoh beban dinamis yang dapat memicu terjadinya likuifaksi pada tanah. Dimana, ketika beban ini bekerja tanah tidak mempunyai waktu yang cukup untuk mempertahankan tegangan statis yang terjadi pada tanah sebelum terjadinya gangguan. Dan juga , kerusakan yang disebabkan oleh *flow liquefaction* selalu ditandai dengan pergerakan yang besar dan cepat yang dapat mengakibatkan kegagalan luar biasa dalam hal kemampuan tanah memiul beban .

#### 2.2.3.2 *Cyclic Mobility*

*Cyclic Mobility* adalah sebuah fenomena likuifaksi yang terjadi akibat beban skiklik pada saat tegangan geser statik lebih kecil daripada ekuatan gerer tanah terlikuifaksi. Deformasi yang dohasilkan adalah berupa kegagalan *cyclic mobility* yang terus meingkat selama guncangan

gempa berlangsung. Berlawanan dengan *flow liquefaction*, *cyclic mobility* terjadi akibat beban siklik dan tegangan geser statik. Beban siklik merupakan beban getaran yang dialami tanah akibat gempa bumi. Dimana, pada fase ini deformasi tanah yang disebabkan oleh *cyclic mobility* berkembang secara cepat akibat tegangan statis dan dinamis dari tanah masih bekerja selama gempa bumi berlangsung. Disamping itu, likuifaksi yang terjadi menyebabkan naiknya tegangan air pori yang dapat mengakibatkan air pori mengalir dengan cepat ke permukaan tanah dengan membawa butiran pasir yang terlepas dari ikatan partikel berupa semburan lumpur dan letupan pasir (*sand boil*) melalui celah yang terbentuk dari proses likuifaksi yang terjadi. Hal ini senada dengan apa yang pernah diungkapkan Ishihara pada tahun 1985 yaitu “ Ketika pasir jenuh mengalami getaran akibat gempa maka tekanan air pori akan meningkat, peningkatan tekanan air pori tanah menyebabkan aliran air keatas permukaan tanah, yang berbentuk semburan lumpur dan letupan pasir melewati celah tanah. Pada kondisi ini terjadilah likuifaksi dimana tegangan efektif tanah menjadi nol, partikel-partikel tanah satu persatu akan dilepaskan dari pembatas manapun seolah-olah tanah terapung diatas air”. Salah satu dampak yang timbul akibat dari fenomena ini ditunjukkan oleh gambar 2.1



**Gambar 2.1** *Sand boiling*

#### **2.2.4 Penyebab Terjadinya Likuifaksi**

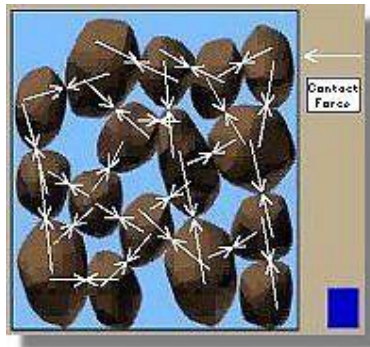
Banyak cara yang telah dilakukan oleh para ahli geoteknik dalam beberapa tahun yang lalu untuk mengidentifikasi penyebab dasar terjadinya perilaku likuifaksi pada tanah, baik secara eksperimental maupun dengan berbagai macam analisa yang didasarkan kepada logika berpikir dan pengamatan atas peristiwa likuifaksi yang sudah terjadi sehingga menghantarkan kepada suatu kesimpulan mendasar, yang dapat dijadikan dasar berpijak dalam menuntaskan permasalahan yang berhubungan dengan perilaku likuifaksi pada tanah. Dari berbagai penelitian dan pengamatan yang dilakukan akhirnya diperoleh sebuah kesimpulan bahwa perilaku likuifaksi pada tanah, potensial terjadi pada deposit tanah yang tergolong tanah berbutir dengan level muka air tanah tinggi dan kepadatan rendah sampai sedang. Dimana, tanah dengan

karakteristik seperti ini memiliki kecenderungan menjadi padat akibat getaran yang terjadi dalam tanah sehingga volume berkurang. Sementara itu, pada fase ini pengaliran air pori yang berada didalam rongga yang terbentuk dari formasi butiran tidak dapat terjadi sehingga tekanan air pori meningkat dan ketika tekanan air pori mencapai batasnya yaitu memiliki nilai yang sama dengan tekanan overburden tanah maka tegangan efektif tanah menjadi nol dan tanah secara keseluruhan telah kehilangan kekuatannya dan berada dalam kondisi terlikuifaksi.

Dalam kebanyakan terminologi kuantitatif, secara umum diyakini bahwa penyebab dasar dari perilaku likuifaksi pada tanah tak berkohesi, dan jenuh air selama gempa bumi berlangsung adalah bertambahnya tekanan hidrostatis secara berlebihan yang disebabkan oleh terjadinya tegangan geser siklik akibat pergerakan tanah. Dimana, tegangan geser ini dapat menyebabkan terjadinya kenaikan perambatan gelombang geser pada tanah sehingga struktur tanah menjadi lebih padat yang diikuti dengan perpindahan tegangan air pori dan berkurangnya tegangan pada butir tanah yang mengakibatkan butiran tanah berusaha untuk menjaga kekonstanan volumenya, dimana dalam kondisi ini terjadi kenaikan tekanan air pori yang besar pada tanah.

Ketika tekanan air pori mencapai tekanan batas, pasir akan mengalami perubahan bentuk. Pada pasir lepas tekan air pori akan meningkat secara tiba-tiba mencapai nilai yang sama dengan tekanan batas, dan pasir akan berubah bentuk dengan cepat dengan tegangan-regangan mencapai 20% atau lebih. Jika perubahan bentuk pasir menjadi

tidak terbatas tanpa diiringi daya tahan yang berarti maka tanah ini bisa dikatakan terlikuifaksi.



**Gambar 2.2** Partikel dposit tanah sebelum terlikuifaksi



**Gambar 2.3** Partikel dposit tanah setelah terlikuifaksi

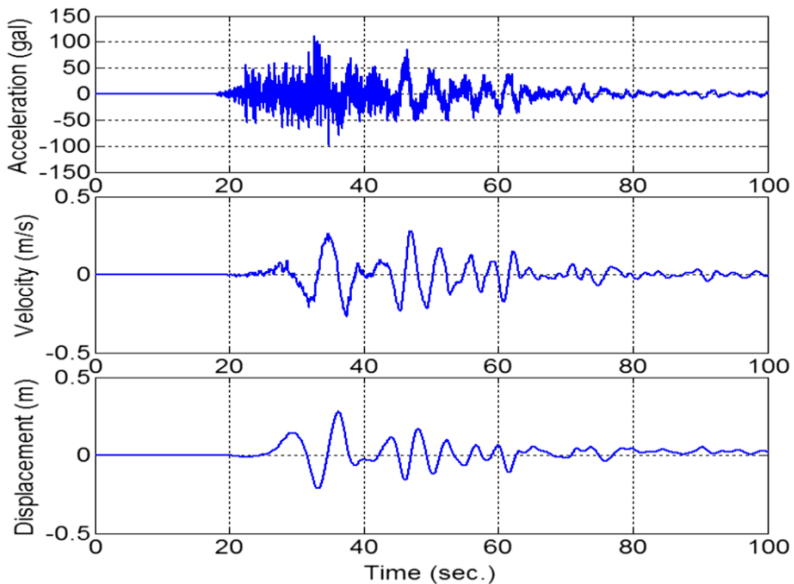
### 2.2.5 Gempa Bumi

Gempa didefinisikan sebagai kejutan atau sentakan yang terjadi di dalam bumi dimana getarannya dapat dirasakan di permukaan bumi. Gempa disebabkan oleh meningkatnya aktivitas geologi yang terjadi di dalam bumi, seperti terjadinya pergeseran antar lempeng benua, meningkatnya suhu yang dapat menimbulkan penumpukan energi dalam waktu yang lama, sampai akhirnya terlepas dan menyebabkan getaran pada tanah.

Informasi mengenai karakteristik pergerakan tanah akibat gempa bumi didapat dari hasil laporan *accelerograph* yang telah mencatat peristiwa gempa bumi yang pernah terjadi sebelumnya.

Berdasarkan perkembangan dan proses rekaman *accelerograph* seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2... dapat disimpulkan bahwa karakteristik pergerakan tanah akibat gempa bumi terdiri dari :

1. Percepatan maksimum tanah
2. Kecepatan maksimum tanah
3. Perpindahan maksimum tanah
4. Durasi guncangan tanah



**Gambar 2.4** *Accelerograph Record*

Parameter tersebut merupakan karakteristik utama dari pergerakan tanah yang terjadi akibat gempa bumi. Namun, parameter tersebut tidak dapat memastikan gambaran efek negatif yang mungkin timbul akibat intensitas guncangan yang terjadi, dimana hal ini juga dipengaruhi oleh karakteristik frekuensi pergerakan yang terjadi. Sebagai contoh gempa dengan percepatan besar yang potensial terhadap kehancuran dan pengrusakan jika terjadi dalam waktu yang singkat , gempa tersebut hanya akan menimbulkan kerusakan kecil pada beberapa

jenis struktur yang ada. Karakteristik gempa bumi di beberapa tempat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya:

1. Kekuatan dari gempa itu sendiri
2. Jarak pusat gempa ke tempat energi dilepaskan
3. Karakteristik batuan sepanjang rambatan gelombang gempa
4. Mekanisme terbentuknya sumber gempa
5. Efek gangguan gelombang yang dipengaruhi arah dan kecepatan gelombang rambatan
6. Kondisi dan jenis tanah pada daerah tersebut.

Berikut beberapa foto akibat gempa yang terjadi khususnya yang terjadi di kota Pariaman pada tanggal 30 September 2009



**Gambar 2.5** Keretakan pada jalan





**Gambar 2.6** Keruntuhan lereng



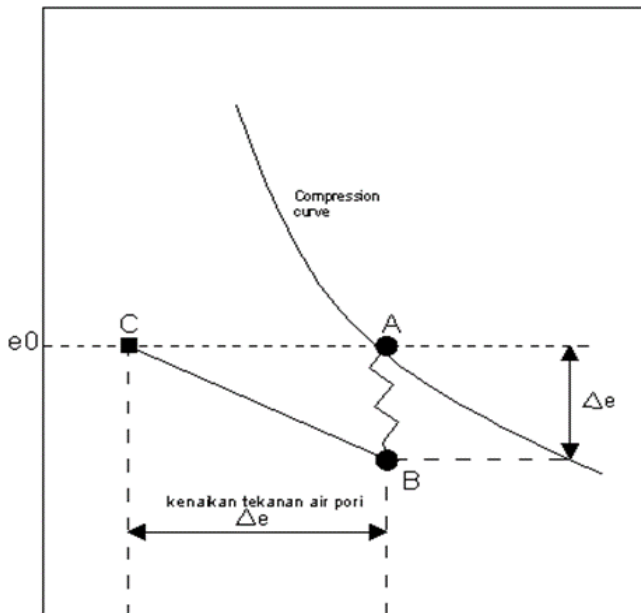
**Gambar 2. 7** Keruntuhan batuan



**Gambar 2.8** Kerusakan bangunan akibat gempa

### **2.2.6 Mekanisme naiknya Tekanan Air Pori**

Akibat dari beban siklik, tanah mengalami konsolidasi dimana air keluar meninggalkan pori sehingga menimbulkan pengurangan volume tanah dan permukaan air tanah menjadi lebih tinggi. Hal ini menyebabkan tekanan air pori meningkat, sebaliknya tegangan efektif tanah berkurang dengan demikian kekuatan geser juga berkurang dan dengan demikian kekuatan geser tanah juga berkurang. Hal ini dapat dijelaskan dengan gambar 2. 9



**Gambar 2.9** Skema niknya tekanan air pori akibat beban siklik

*(Ground Motion and Soil Liquefaction During Earthquakes, Seed & Idriss, 1982)*

Pada keadaan awal sebelum diberi beban siklik, tanah berpasir yang mempunyai tegangan  $\sigma'_0$  dan void ratio (angka pori)  $e_0$  (titik A) setelah diberi beban siklik struktur tanah pasir tersebut akan cenderung

memadat (volume pori berkurang) yang berarti void ratio mengecil (titik B).

Akibat tekanan air pori meningkat dan tegangan efektif menurun berdasarkan "*rebound characteristic*" tanah, penurunan tegangan efektif tanah ini akan menimbulkan penambahan pada volume tanah. Sampai pada proses ini air dianggap belum mengalami dissipasi (keluarnya air meninggalkan pori). Penambahan volume tanah tadi adalah sedemikian rupa sehingga void ratio kembali mencapai  $e_o$  (titik C). Hal ini berarti pengurangan volume akibat beban siklik dan penambahan volume akibat tegangan efektif yang berkurang adalah seimbang. Lebih lanjut beban siklik yang berkepanjangan akan terus mengurangi harga tegangan efektif dan bahkan naiknya permukaan air akan sampai menimbulkan dissipasi pada permukaan tanah, yang akan mengakibatkan volume total berkurang, sehingga harga void ratio sebesar  $e_o$  tidak mungkin tercapai lagi, dan selanjutnya hal ini akan menimbulkan penurunan pada permukaan tanah.

#### **2.2.7 Klasifikasi butiran tanah berdasarkan nilai koefisien keseragaman ( $C_u$ ) dan ukuran butiran ( $D$ )**

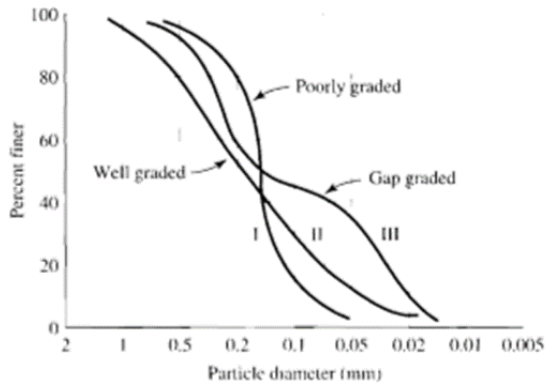
Klasifikasi tanah berbutir kasar dapat dilakukan dengan uji analisa saringan. Secara sederhana dari analisa saringan kita dapat menentukan jenis tanah berdasarkan ukuran butiran. Dari beberapa standar yang ada, tanah pasir adalah tanah dengan ukuran butiran 2 mm sampai 0,075 mm, atau butiran yang lolos saringan no.10 sampai no.200,

sedangkan kerikil engan ukuran butiran  $>2\text{mm}$ . Dari ASTM D2487-93 dan USCS jenis pasir dibagi lagi yaitu:

1. Pasir kasar : ukuran butiran 4,75 mm sampai 2 mm
2. Pasir menengah : ukuran butiran 2 mm sampai 0,425 mm
3. Pasir halus : ukuran butiran 0,425 mm sampai 0,075 mm

Dari uji analisa saringan juga akan didapatkan parameter dasar untuk mengklasifikasikan tanah yaitu nilai ukuran efektif butiran, koefisien keseragaman dan koefisien gradasi. Nilai  $C_u$  ( koefisien keseragaman) dan nilai  $C_c$  (koefisien gradasi) menentukan jenis tanah bergradasi baik maupun bergradasi buruk.

Koefisien keseragaman adalah koefisien yang menunjukkan kemiringan kurva atau menunjukkan sifat seragam tanah pasir. Semakin besar nilai koefisien keseragaman semakin landai kurva distribusi, semakin besar rentang distribusi nya. Semakin kecil nilai koefisien keseragaman semakin curam kurva distribusi , yang artinya semakin kecil rentang distribusinya. Tanah berbutir kasar didefinisikan bergradasi baik jika tidak ada ukuran butiran yang menyolok dalam suatu rentang distribusi. Sedangkan tanah bergradasi buruk didefinisikan jika ukuran butirannya seragam dan jika terjadi loncatan ukuran butiran tanah atau disebut juga bergradasi senjang. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.10



**Gambar 2.10** Gradasi Butiran berdasarkan kurva Analisa Saringan

Dari gambar 2.10 dapat dilihat bahwa kurva I dan III adalah tanah dengan gradasi buruk, dengan kurva I sebagai tanah dengan gradasi seragam, kurva III dengan gradasi senjang. Sedangkan kurva II menunjukkan tanah bergradasi baik. Selain itu, menurut standar yang ada berikut klasifikasi tanah berdasarkan nilai  $C_u$  ( koefisien keseragaman) :

1.  $2 < C_u < 3$  yaitu biasanya ditemukan pada tanah pasir pantai
2.  $C_u > 3$  yaitu tanah bergradasi baik untuk kerikil
3.  $C_u > 6$  yaitu tanah bergradasi baik untuk tanah pasir

Nilai Cu dapat dihitung dengan rumus :

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Cu = koefisien keseragaman

$D_{60}$  = ukuran butiran yang lolos 60%

$D_{10}$  = ukuran butiran yang lolos 10%

$D_{10}$  adalah ukuran partikel tanah efektif dari suatu tanah didefinisikan sebagai ukuran partikel yang 10% dari berat tanah tersebut mempunyai ukuran partikel lebih kecil dari ukuran itu. Sedangkan  $D_{50}$  adalah ukuran butiran rata-rata dari sampel tanah yang ada.

### **2.2.8 Evaluasi likuifaksi dan masalah yang ditimbulkannya**

Potensi likuifaksi pada suatu deposit tanah akan ditentukan oleh kombinasi beberapa komponen, antara lain :

- a. Indeks propertis tanah seperti modulus dinamis, karakteristik kelembaban, berat volume, gradasi butiran, kepadatan relatif, dan struktur tanah itu sendiri.

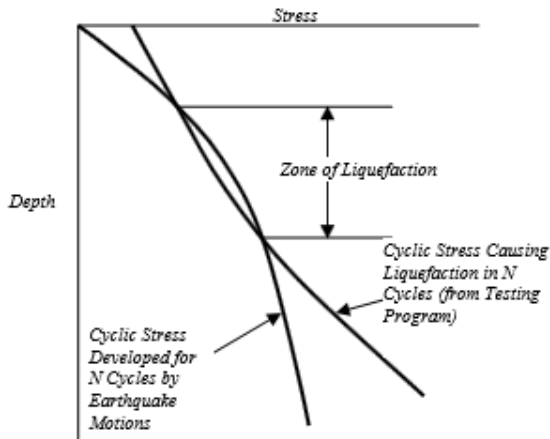
- b. Faktor lingkungan seperti jenis formasi tanah, sejarah seismic dan geologi, level muka air tanah, dan tegangan efektif tanah.
- c. Karakteristik gempa seperti intensitas guncangan pada tanah dan lama guncangan yang terjadi.

Dari beberapa faktor yang telah disebutkan diatas, tidak semua dari faktor tersebut dapat ditentukan besarnya secara langsung, akan tetapi dampak yang muncul dari ketiga faktor tersebut dapat digunakan atau masukan kedalam prosedur evaluasi potensi likuifaksi yaitu dengan melakukan uji beban siklik pada sampel tanah atau bisa dengan cara pengukuran karakteristik likuifaksi pada tanah menggunakan beberapa prosedur pengujian di lapangan. Pada dasarnya, prosedur standar evaluasi likuifaksi antara lain :

1. Menentukan besaran tegangan siklik yang muncul akibat pergerakan tanah pada saat gempa bumi, pada setiap kedalaman deposit tanah dan mengkonversi bentuk tegangan yang tidak beraturan tersebut sehingga memiliki besaran yang sama dalam bentuk tegangan siklik . Dengan kata lain, intensitas guncangan, lama guncangan, dan variasi guncangan yang terjadi akibat tegangan pada setiap kedalaman diubah menjadi suatu besaran yang dapat dihitung. Penentuan besaran siklik yang terjadi dapat dilakukan dengan cara menganalisa respon tanah terhadap tegangan yang terjadi.



2. Menentukan besaran tegangan siklik dengan cara uji pembebanan di laboratorium yang diwakili oleh sampel tak terganggu yang dilakukan dengan variasi tekanan bebas yang telah ditentukan atau dengan cara mengkolerasikan propertis tanah dengan karakteristik di lapangan.
3. Membandingkan antara tegangan geser yang terjadi akibat gempa bumi dengan hal-hal yang dapat menyebabkan terjadinya likuifaksi untuk menentukan apakah deposit tanah berada dalam zona likuifaksi atau tidak. Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.11



**Gambar 2.11** Metoda Evaluasi Potensi Likuifaksi Tanah

*(Ground Motion and Soil Liquefaction During Earthquakes, Seed & Idriss, 1982)*

Sebagaimana yang telah dijelaskan bahwa perilaku likuifaksi pada tanah bersifat merusak dan menimbulkan dampak negatif yang besar terhadap stabilitas tanah dan bangunan di atasnya. Adapun dampak yang ditimbulkan dari perilaku likuifaksi adalah :

1. Terjadinya penurunan hingga 5% dari ketebalan lapisan tanah yang terlikuifaksi
2. Terjadinya kehilangan daya dukung tanah lateral
3. Terjadinya kehilangan daya dukung tanah
4. Terjadinya pengapungan struktur yang dibenamkan dalam tanah, seperti tangki di bawah tanah.
5. Meningkatkan tekanan tanah lateral tanah yang dapat menyebabkan kegagalan pada struktur penahan tekanan lateral tanah, seperti *quay walls*
6. Terjadinya lateral spreading (*limited lateral movements*)
7. Terjadinya lateral flow (*extensive lateral movements*)

### **2.2.9 Parameter Likuifaksi**

Parameter likuifaksi merupakan parameter yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan kriteria likuifaksi yang terjadi pada deposit tanah. Dimana dalam hal ini, perilaku likuifaksi pada tanah dipengaruhi oleh 2 parameter utama yaitu kepadatan relatif ( $D_r$ ) dan percepatan tanah maksimum dan gravitasi ( $a_{max} / g$ )

Ada beberapa tahapan untuk menentukan daerah pada kondisi lapangan yang terlikuifaksi akibat pengaruh beban siklik (gempa) :

1. Menentukan jenis (permodelan) gempa yang terjadi

2. Menentukan waktu terjadinya tegangan geser yang dipengaruhi Oleh gempa bumi pada kedalaman tertentu terhadap setiap lapisan pasir
3. Mengubah waktu terjadinya tegangan geser ini kedaalam jumlah beban siklik (N)
4. Menggunakan hasil dari uji laboratorium, untuk menentukan mangnitude atau jumlah beban siklik yang diperlukan agar terjadinya likuifaksi di lapangan berdasarkan kedalaman tertentu.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

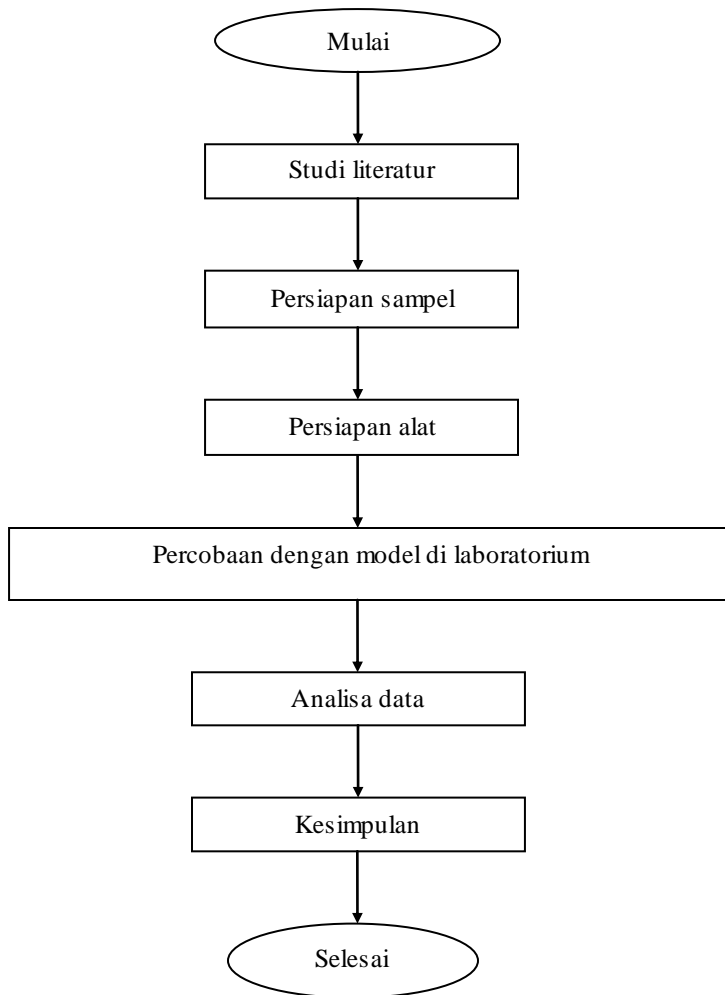
#### **3.1 Umum**

Dalam suatu penelitian diperlukan adanya rencana kerja yang matang agar penelitian dapat dilakukan secara sistematis dan efektif. Tahap awal dari keseluruhan Tugas Akhir ini adalah proses identifikasi masalah. Kemudian dilakukan studi pustaka untuk mencari dan mengumpulkan bahan-bahan literatur berupa landasan teori, metodologi, metoda perhitungan yang akan digunakan dalam pengolahan data maupun dalam melakukan analisa, serta hasil-hasil penelitian sebelumnya yang memiliki kaitan dan mendukung penelitian yang akan dilakukan. Pengujian laboratorium yang dilakukan adalah pengujian analisa saringan pada sampel tanah atau pasir. Dimana, standar pengujian yang digunakan adalah ASTM D 422-63.

Pada penelitian ini, data yang dibutuhkan adalah data analisa saringan sampel tanah pasir seragam yang tertahan disetiap saringan (ukuran pasir seragam) dengan berbagai variasi kepadatan relatif tertentu. Kemudian pasir dijenuhkan dan dilakukan pengujian dengan menggetarkan diatas meja getar. Getaran yang terjadi akibat diberikanya beban siklik direkan dengan menggunakan alat pencatat respon gempa G-Man. Output yang dihasilkan ditampilkan oleh software G-Trace berupa grafik antara waktu dan percepatan. Kemudian setelah dilakukan

pengujian (penggetaran) dengan waktu pengujian tertentu, didapatkan besarnya penurunan yang terjadi untuk setiap pasir seragam dengan ukuran diameter butiran tertentu dan dengan kepadatan relatif tertentu.

Bagan prosedur kerja yang penulis lakukan dapat dilihat pada gambar 3.1



**Gambar 3.1** Bagan Alir Penelitian

### **3.2 Proses persiapan sampel dan peralatan**

Sampel tanah pasir yang digunakan dalam penelitian ini harus dipersiapkan terlebih dahulu, yaitu berupa tanah pasir seragam dengan berbagai ukuran diameter butiran. Penyediaan sampel tanah pasir seragam dilakukan dengan melakukan penyaringan. Peralatan yang dibutuhkan yaitu :

1. Saringan no. 4, 10, 20, 40, 60, 80, 100, dan no.200
2. Sieve shaker

Kemudian lakukan penyaringan sampel tanah pasir selama 15 menit, lalu ambil sampel yang tertahan pada masing-masing saringan.

Ukuran sampel tanah pasir yang digunakan yaitu:

1. Ukuran butiran 2 – 4,75 mm, dilakukan dengan mengambil contoh sampel tanah pasir yang lolos saringan no.4 tertahan saringan no.10
2. Ukuran butiran 0,85 – 2 mm, dilakukan dengan mengambil contoh sampel tanah pasir yang lolos saringan no.10 tertahan saringan no.20
3. Ukuran butiran 0,425 – 0,85 mm, dilakukan dengan mengambil contoh sampel tanah pasir yang lolos saringan no.20 tertahan saringan no.40
4. Ukuran butiran 0,25 – 0,425 mm, dilakukan dengan mengambil contoh sampel tanah pasir yang lolos saringan no.40 tertahan saringan no.60

5. Ukuran butiran 0,18 – 0,25 mm, dilakukan dengan mengambil contoh sampel tanah pasir yang lolos saringan no.60 tertahan saringan no.80
6. Ukuran butiran 0,15 – 0,18 mm, dilakukan dengan mengambil contoh sampel tanah pasir yang lolos saringan no.80 tertahan saringan no.100
7. Ukuran butiran 0,075 – 0,15 mm, dilakukan dengan mengambil contoh sampel tanah pasir yang lolos saringan no.100 tertahan saringan no.200



**Gambar 3.2** *Sieve Shaker* dan saringan



### 3.2.1 Pemeriksaan Berat Volume Tanah

#### A. Tujuan

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui berat volume tanah maksimum dan berat volume tanah minimum. Pengujian dengan cara lepas untuk mendapatkan berat volume tanah minimum sedangkan dengan cara penusukan untuk mendapatkan berat volume tanah maksimum.

#### B. Peralatan

1. Wadah yang pada penelitian ini berupa botol yang sudah ditentukan volumenya



**Gambar 3.3** Wadah pengujian (botol transparan)

2. Batang Penusuk, yang digunakan untuk alat pemadat dengan cara penusukan.
3. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram



**Gambar 3.4** Timbangan

C. Prosedur Percobaan

a. Persiapan Bahan

Sampel tanah diambil lebih kurang 2 kg kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven sampai beratnya tetap.

b. Kepadatan Kering Maksimum ( $\gamma_{dmax}$ )

Timbang wadah pengujian (botol) dalam keadaan kosong dan catat beratnya. Sampel tanah pasir yang sudah dikeringkan dimasukkan kedalam botol dalam tiga lapisan. Untuk setiap lapisan dilakukan pemadatan dengan cara penusukan dengan batang besi. Penusukan dilakukan sebanyak 25 kali tusukan tiap lapisannya atau jika kepadatan tanah pasir sudah maksimum tiap lapisannya. Setelah wadah terisi sampai batas volume yang sudah ditentukan sebelumnya, timbang kembali wadah (botol) beserta tanah pasir dan catat beratnya.

c. Kepadatan Kering Minimum ( $\gamma_{d \min}$ )

Timbang wadah pengujian dalam keadaan kosong dan catat beratnya. Masukkan pasir kedalam wadah dengan menggunakan corong, diusahakan selama pengisian pasir kedalam wadah, mulut corong tidak terlalu jauh dengan dasar wadah atau permukaan atas sampel tanah pasir yang sedang diisi.

D. Pengolahan Data

1. Berat wadah dari penimbangan ( $W_w$ )
2. Berat wadah + tanah pasir ( $W_w + W_t$ )
3. Berat tanah  $W_t = (W_w + W_t) - (W_w)$
4. Berat Volume Tanah =  $W_t / V_t$

Perhitungan berat volume dengan cara penusukan bertujuan untuk mendapatkan berat volume maksimum, sedangkan dengan cara lepas untuk mendapatkan berat volume minimum. Kedua data kemudian diinput kedalam sebuah formula perhitungan berat volume tanah asli, maka berat sampel yang dibutuhkan yaitu dengan beberapa variasi kepadatan relatif dapat diketahui.

### **3.3 Menentukan Berat Sampel untuk setiap ukuran butiran dan setiap variasi Derajat Kepadatan (Dr)**

Berat volume maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) dan Berat volume minimum ( $\gamma_{dmin}$ ) yang didapatkan digunakan untuk mencari berat sampel yang akan diuji. Dimana setiap sampel dengan ukuran butiran atau yang tertahan setiap saringan akan diuji untuk Derajat Kepadatan (Dr) yaitu Dr 10, Dr 30, Dr 50, Dr 70, dan Dr 90.

Pada pengujian ini yang diuji adalah sampel tanah pasir dengan kondisi khusus yaitu :

1. Sampel A : sampel yang lolos saringan no.80 tertahan saringan no.200
2. Sampel B : sampel yang lolos saringan no.40 tertahan saringan no.80
3. Sampel C : sampel yang lolos saringan no.10 tertahan saringan no.40
4. Sampel D : sampel yang lolos saringan no.60 tertahan saringan no.200

5. Sampel E : sampel yang lolos saringan no.20 tertahan saringan no.80
6. Sampel F : sampel yang lolos saringan no.4 tertahan saringan no.40
7. Sampel H : sampel yang lolos saringan no.40 tertahan saringan no.200
8. Sampel I : sampel yang lolos saringan no.20 tertahan saringan no.200
9. Sampel J : sampel yang lolos saringan no.10 tertahan saringan no.200
10. Sampel K : sampel yang lolos saringan no.4 tertahan saringan no.200

Setiap kondisi sampel diatas juga dilakukan pengujian untuk menentukan Derajat Kepadatan (Dr) yaitu pada pengujian selanjutnya yang digunakan adalah dengan Derajat Kepadatan (Dr) 50%. Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan nilai Derajat Kepadatan yang selanjutnya digunakan untuk mencari berat sampel yang akan diuji pada setiap kondisi adalah sebagai berikut :

$$Dr = \frac{(\gamma_d - \gamma_{min})}{(\gamma_{max} - \gamma_{min})} \times \left[ \frac{\gamma_{max}}{\gamma_d} \right] \times 100$$

Dimana :  $D_r$  = Derajat Kepadatan

$\gamma_d$  = Berat volume tanah dengan  $D_r$  yang diinginkan

$\gamma_{\max}$  = Berat volume tanah maksimum

$\gamma_{\min}$  = Berat volume tanah minimum

Dari rumus diatas dapat dicari berat sampel tiap ukuran butiran yang tertahan tiap saringan dan variasi tiap derajat kepadatan ( $D_r$ ), dimana dapat ditentukan dari nilai  $\gamma_d$  yang didapatkan untuk tiap derajat kepadatan ( $D_r$ ).

### **3.4 Percobaan Laboratorium untuk menganalisis Likuifaksi yang terjadi**

#### **A. Persiapan Alat**

Permodelan untuk pengujian kali ini terdiri dari serangkaian alat yang terdiri dari :

1. Wadah pengujian yang mana dalam hal ini digunakan botol transparan yang sebelumnya sudah disiapkan dengan mengetahui volume yang akan digunakan dalam pengujian.

2. Batang Pengukur, digunakan untuk mengukur penurunan yang terjadi yang sebelumnya sudah disiapkan dengan memberi tanda tiap 1 cm.



**Gambar 3.5** Batang Pengukur

3. Stopwatch, digunakan untuk menghitung waktu yang diperlukan sehingga terjadi penurunan.



**Gambar 3.6** Stopwatch

4. G-Man, digunakan untuk merekam percepatan dan beban dinamis yang terjadi



**Gambar 3.7** *G-man*

5. Meja Getar.

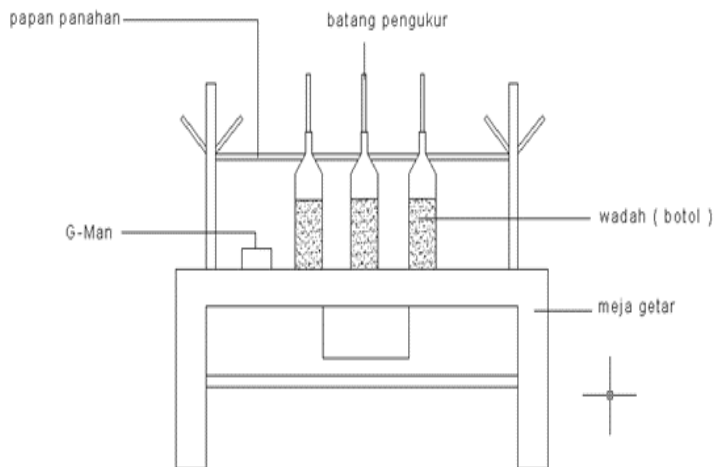


**Gambar 3.8** Meja Getar



6. Laptop, sebagai media output berupa data dan grafik *accelelograph*.

Alat-alat tersebut dirangkai dalam sebuah satu kesatuan, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.9



**Gambar 3.9** Rangkaian permodelan alat di Laboratorium

## B. Prosedur Kerja

Adapun langkah- langkah yang akan dilakukan pada pengujian likuifaksi berikut adalah :

1. Siapkan sampel untuk tiap kondisi yang sudah ditentukan kedalam wadah dan sesuai dengan volume yang sudah ditentukan
2. Tambahkan air kedalam wadah sampai seluruh sampel dalam wadah benar-benar jenuh dan kemudian kalibrasi kembali sampel sesuai dengan volume yang sudah ditetapkan
3. Letakkan dan susun wadah berisi sampel jenuh diatas alat meja getar, atur supaya wadah tetap statis saat diberikan beban siklik dengan cara memberi papan penahan pada wadah ( botol )
4. Siapkan *Stopwatch* untuk menghitung waktu pengujian dan atur batang pengukur terhadap sampel.
5. Nyalakan meja getar yang sebelumnya sudah disesuaikan atau dikalibrasi dengan beban 0,3g dan 0,6g dan sebagai output dari G-Man akan dihasilkan berupa data dan grafik percepatan dan beban dinamis dengan menggunakan software G-Trace.
6. Catat besar penurunan setelah pengujian selesai sesuai dengan waktu pengujian yang telah ditentukan yaitu sekitar 20-25 detik.
7. Lakukan pengujian untuk semua kondisi sampel dengan Derajat Kepadatan (Dr) 50% dengan beban dinamis sebesar 0,3g dan 0,6 g.



**Gambar 3.10** Pengujian Likuifaksi

## **BAB IV**

### **HASIL DAN ANALISA PEMBAHASAN**

#### **4.1 Perhitungan Berat Volume**

Contoh untuk sampel A:

Berat sampel + wadah = 642 gram

Berat wadah = 114 gram

Berat sampel = (berat sampel + wadah) - wadah  
= 642 gram - 114 gram  
= 528 gram

Volume = 400 cm<sup>3</sup>

$\gamma_{dmax}$  = Berat sampel / volume  
= 528 gram / 400 cm<sup>3</sup>  
= 1,32 gram / cm<sup>3</sup>

#### **4.2 Berat Sampel berdasarkan nilai Derajat Kepadatan**

Berdasarkan data pengujian berat volume, dapat ditentukan berat masing-masing sampel untuk kepadatan relatif (Dr) 50 %

Hitung nilai  $\gamma_d$  dengan rumus :

$$Dr = \frac{(\gamma_d - \gamma_{min})}{(\gamma_{max} - \gamma_{min})} \times \left[ \frac{\gamma_{max}}{\gamma_d} \right] \times 100$$

Dimana : Dr = Derajat Kepadatan

$\gamma_d$  = Berat volume tanah dengan Dr yang diinginkan

$\gamma_{max}$  = Berat volume tanah maksimum

$\gamma_{min}$  = Berat volume tanah minimum

Didapat hasil untuk tiap sampel sebagai berikut

1. Ukuran butiran sampel A : lolos saringan no.80 tertahan 200

saringan 80-200		
BV min	1,320	
BV max	1,54	
%	BV	berat sampel
10	1,342	536,800
30	1,386	554,400
50	1,43	572,000
70	1,474	589,600
90	1,518	607,200

**Tabel 4.1** Perhitungan nilai Dr untuk sampel A

2. Ukuran butiran sampel B : lolos saringan no. 40 tertahan 80

saringan 40-80		
BV min	1,260	
BV max	1,51	
<u>%</u>	BV	berat sampel
10	1,285	514,000
30	1,335	534,000
50	1,385	554,000
70	1,435	574,000
90	1,485	594,000

**Tabel 4.2** Perhitungan nilai Dr untuk sampel B

3. Ukuran butiran sampel C : lolos saringan no.10 tertahan no.40

saringan 10-40		
BV min	1,460	
BV max	1,626	
<u>%</u>	BV	berat sampel
10	1,4766	590,640
30	1,5098	603,920
50	1,543	617,200
70	1,5762	630,480
90	1,6094	643,760

**Tabel 4.3** Perhitungan nilai Dr untuk sampel C

4. Ukuran butiran sampel D: lolos saringan no.60 tertahan no.200

saringan 60-200		
BV min	1,341	
BV max	1,5	
%	BV	berat sampel
10	1,3569	542,760
30	1,3887	555,480
50	1,4205	568,200
70	1,4523	580,920
90	1,4841	593,640

**Tabel 4.4** Perhitungan nilai Dr untuk sampel D

5. Ukuran butiran sampel E : lolos saringan no.20 tertahan no. 80

saringan 20-80		
BV min	1,330	
BV max	1,545	
%	BV	berat sampel
10	1,3515	540,600
30	1,3945	557,800
50	1,4375	575,000
70	1,4805	592,200
90	1,5235	609,400

**Tabel 4.5** Perhitungan nilai Dr untuk sampel E

6. Ukuran butiran sampel F : lolos saringan no.4 tertahan no.40

saringan 4-40		
BV min	1,503	
BV max	1,69	
<u>%</u>	BV	berat sampel
10	1,5217	608,680
30	1,5591	623,640
50	1,5965	638,600
70	1,6339	653,560
90	1,6713	668,520

**Tabel 4.6** Perhitungan nilai Dr untuk sampel F

7. Ukuran butiran sampel H : lolos saringan no. 40 tertahan no.200

saringan 40-200		
BV min	1,378	
BV max	1,532	
<u>%</u>	BV	berat sampel
10	1,3934	557,360
30	1,4242	569,680
50	1,455	582,000
70	1,4858	594,320
90	1,5166	606,640

**Tabel 4.7** Perhitungan nilai Dr untuk sampel H



8. Ukuran butiran sampel I : lolos saringan no.20 tertahan no.200

saringan 20-200		
BV min	1,406	
BV max	1,554	
%	BV	berat sampel
10	1,4208	568,320
30	1,4504	580,160
50	1,48	592,000
70	1,5096	603,840
90	1,5392	615,680

**Tabel 4.8** Perhitungan nilai Dr untuk sampel I

9. Ukuran butiran sampel J : lolos saringan no.10 tertahan no.200

saringan 10-200		
BV min	1,445	
BV max	1,633	
%	BV	berat sampel
10	1,4638	585,520
30	1,5014	600,560
50	1,539	615,600
70	1,5766	630,640
90	1,6142	645,680

**Tabel 4.9** Perhitungan nilai Dr untuk sampel J

10. Ukuran butiran sampel K : lolos saringan no.4 tertahan no.200

saringan 4-200		
BV min	1,548	
BV max	1,63	
%	BV	berat sampel
10	1,5625	625,000
30	1,5915	636,600
50	1,6205	648,200
70	1,6495	659,800
90	1,6785	671,400

**Tabel 4.10** Perhitungan nilai Dr untuk sampel K

Adapun pada pengujian ini yang digunakan adalah untuk Derajat Kepadatan (Dr) 50% untuk setiap sampel yang akan diujikan.

Sampel	No. Saringan	Berat Sampel (gram)
A	no.80-200	572
B	no.40-80	554
C	no.10-40	617
D	no.60-200	568
E	no.20-80	575
F	no.4-40	639
H	no.40-200	582
I	no.20-200	592
J	no.10-200	616
K	no.4-200	648

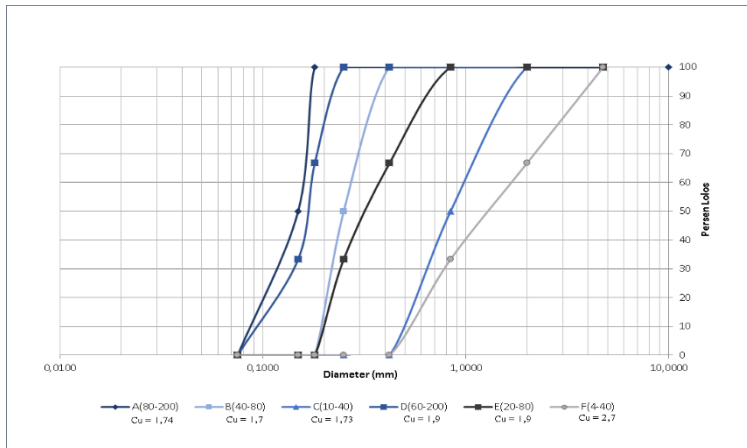
**Tabel 4.11** Berat Sampel untuk Dr 50 %

#### 4.3 Perhitungan nilai Cu berdasarkan grafik analisa saringan atau pembagian gradasi butiran

Dari grafik analisa saringan didapat nilai cu dan D50 sebagai berikut.

GRAFIK	D10 (mm)	D30 (mm)	D50 (mm)	D60 (mm)	Cu
A	0,086	0,120	0,140	0,150	1,744
B	0,170	0,220	0,250	0,290	1,706
C	0,520	0,640	0,850	0,900	1,731
D	0,090	0,145	0,165	0,170	1,889
E	0,200	0,245	0,325	0,380	1,900
F	0,550	0,800	1,100	1,500	2,727
H	0,100	0,160	0,180	0,200	2,000
I	0,110	0,170	0,210	0,250	2,273
J	0,125	0,185	0,240	0,310	2,560
K	0,140	0,190	0,310	0,450	3,429

**Tabel 4.12** Nilai D50 dan cu untuk setiap sampel



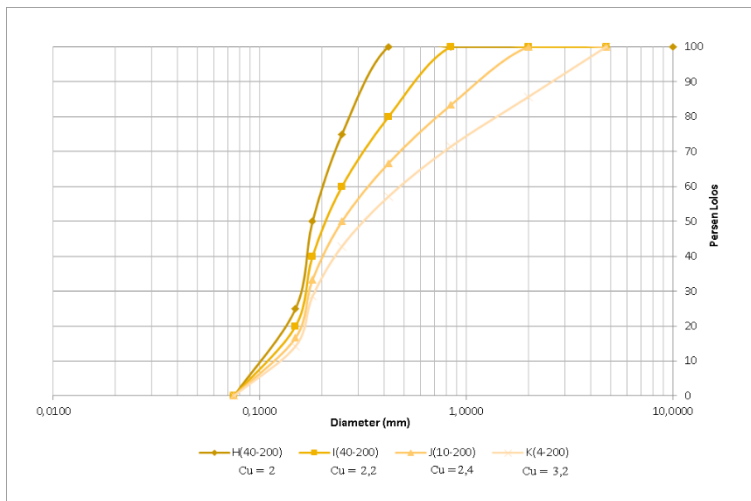
**Gambar 4.1** Grafik gradasi butiran untuk sampel A-F

Pada percobaan yang pertama dilakukan untuk sampel A-F yang mana sampel disiapkan berdasarkan grafik diatas. Setiap ukuran butiran tertahan pada saringan dicampur dengan berat sampel yang sama. Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa sampel tanah yang diuji pada sampel A-C adalah tanah bergradasi buruk yaitu tanah pasir bergradasi seragam (uniform). Dapat dilihat juga dari kurva yang terbentuk memiliki kurva yang curam. Artinya rentang ukuran butiran pada sampel tidak begitu jauh atau kecil yang menghasilkan nilai  $C_u$  yang relative kecil.

Begitu juga untuk sampel D-F. Walaupun dari grafik terlihat lebih landai dari grafik A-C, tetapi sampel D-F masih dikategorikan sebagai tanah pasir seragam (uniform), karena memiliki nilai  $C_u < 6$ , karena untuk tanah pasir yang dikategorikan memiliki gradasi yang baik

adalah dengan nilai  $C_u > 6$ . Kemudian dari grafik dapat dilihat bahwa semakin landai grafik yang terbentuk semakin besar nilai  $C_u$  yang diperoleh.

Dari gambar juga dapat disimpulkan bahwa dengan bentuk grafik atau kecuraman yang hampir sama, walupun terletak di titik manapun di dalam grafik akan menghasilkan nilai  $C_u$  (koefisien keseragaman) yang hampir sama juga. Terlihat dari hubungan grafik A-C dan grafik D-E yang memiliki nilai  $C_u$  yang relative sama.



**Gambar 4.2** Grafik gradasi butiran untuk sampel H-K

Percobaan kedua dilakukan untuk sampel H-K dengan sampel disiapkan berdasarkan grafik diatas pada gambar 4.2. Sama halnya untuk persiapan sampel A-F, sampel dengan ukuran butiran tertahan setiap saringan dicampur dengan berat sampel yang sama pada Derajat kepadatan 50 %. Dari gambar juga dapat menjelaskan semakin landai grafik, semakin tinggi nilai Cu (koefisien keseragaman) yang dihasilkan. Dengan kata lain semakin jauh rentang ukuran butiran pada sampel tersebut.

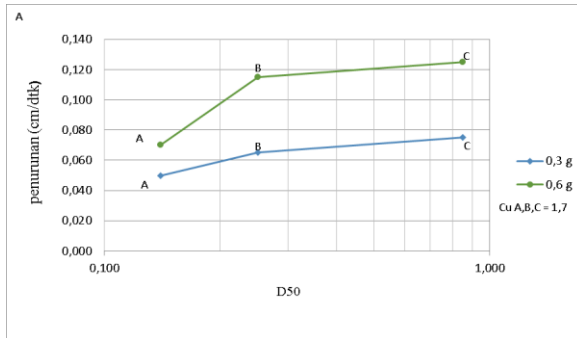
#### 4.4 Penurunan yang terjadi dari hasil pengujian

Berikut adalah hasil penurunan yang terjadi untuk semua sampel uji pada kondisi derajat kepadatan ( $D_r$ ) 50 %

GRAFIK	Cu	D50 (mm)	PENURUNAN (cm/dt)	
			0,3g	0,6g
A	1,74	0,140	0,050	0,070
B	1,71	0,250	0,065	0,115
C	1,73	0,850	0,075	0,125
D	1,89	0,165	0,045	0,110
E	1,90	0,325	0,050	0,125
F	2,73	1,100	0,025	0,095
H	2,00	0,180	0,100	0,153
I	2,27	0,210	0,125	0,247
J	2,56	0,240	0,100	0,220
K	3,43	0,310	0,045	0,080

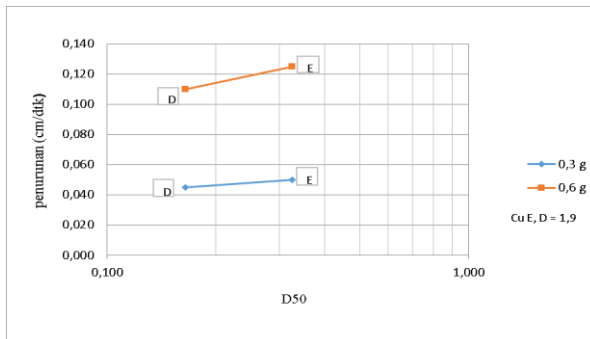
**Tabel 4.13** Hasil penurunan pengujian  $D_r$  50%

Dari tabel diatas didapatkan nilai Cu (koefisien keseragaman) yang relatif sama yaitu pada sampel A, B, dan C yaitu  $Cu = 1,7$  dan ukuran D50 yang berbeda.



**Gambar 4.3** Grafik nilai D50 vs penurunan pada  $Cu = 1,7$

Kemudian untuk sampel E dan D dengan nilai Cu yang sama yaitu sebesar 1,9 dan dengan nilai D50 yang berbeda.

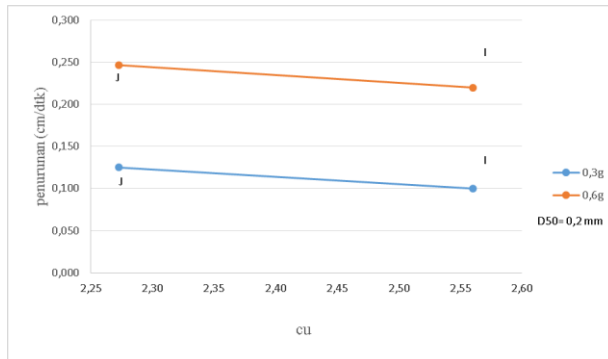


**Gambar 4.4** Grafik nilai D50 vs Penurunan pada  $Cu = 1,9$

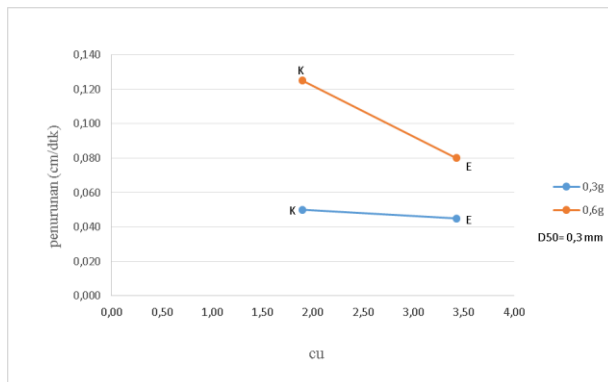
Pada analisa yang pertama yaitu dengan nilai Cu yang sama tetapi dengan nilai D50 ( ukuran butiran rata-rata) menghasilkan gambar 4.3 dan gambar 4.4. Untuk sampel A,B, dan C dengan nilai Cu=1,7 didapat nilai penurunan yang semakin besar seiring dengan semakin besarnya D50 atau ukuran butiran sampel. Begitu juga untuk sampel E dan D dengan nilai Cu=1,9 penurunan pada sampel E lebih besar dari penurunan sampel D. Dapat disimpulkan bahwa jika yang mempengaruhi penurunan adalah ukuran butiran dengan nilai Cu yang sama maka semakin besar ukuran butiran (D50) semakin besar pula penurunan yang terjadi.



Adapun hubungan nilai Cu (koefisien keseragaman) dengan penurunan yang terjadi dengan kondisi ukuran butiran dimana ukuran butiran yang mewakili adalah ukuran butiran D50 sama ditunjukkan oleh gambar 4.5 dan gambar 4.6



**Gambar 4.5** Grafik cu vs penurunan dengan D50=0,2mm



**Gambar 4.6** Grafik cu vs penurunan dengan D50=0,3mm

Pada analisa yang kedua adalah dengan membandingkan nilai Cu dan penurunan yang terjadi pada nilai D50 yang sama. Hubungan ini didapat antara hubungan sampel I-J dan sampel E-K menghasilkan gambar 4.5 dan gambar 4.6. Penurunan sampel I lebih besar dari sampel J sedangkan penurunan sampel K lebih besar daripada sampel E. Dari kedua gambar dapat disimpulkan bahwa jika yang mempengaruhi adalah nilai Cu dengan ukuran butiran yang sama, semakin besar nilai Cu yang dihasilkan semakin kecil penurunan yang terjadi. Atau dengan kata lain, semakin tidak seragam sampel tanah pasir semakin kecil potensi likuifaksi yang terjadi.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan data yang didapat dari pengujian likuifaksi di laboratorium dalam bentuk grafik, dapat ditarik kesimpulan:

1. Dari sampel yang diujikan didapatkan bahwa semua sampel bergradasi buruk yang dihasilkan dari grafik analisa saringan. Sedangkan dari ukuran butiran didapat hasil
  - untuk sampel A,B,D,E,H, dan I merupakan tanah pasir yang dominan pasir halus.
  - Untuk sampel C,F, dan J tanah pasir dominan pasir menengah
  - Untuk sampel K tanah pasir yang dominan pasir kasar
2. Likuifaksi pada tanah pasir jenuh dipengaruhi oleh 2 hal yaitu ukuran butiran ( $D_{50}$ ) dan nilai koefisien keseragaman ( $C_u$ ). Dengan nilai  $C_u$  (koefisien keseragaman) atau memiliki tingkat keseragaman tanah yang cenderung sama memiliki potensi likuifaksi yang berbanding lurus dengan ukuran butiran yang mewakili yaitu  $D_{50}$ . Semakin besar nilai  $D_{50}$  sampel yang diuji maka semakin besar penurunan likuifaksi yang terjadi, artinya likuifaksi dipengaruhi oleh ukuran tanah pasir itu sendiri. Semakin besar ukuran butiran tanah pasir tersebut maka semakin besar penurunan yang terjadi, atau semakin

kasar tanah pasir maka semakin besar penurunan likuifaksi yang terjadi.

3. Lain halnya untuk ukuran butiran rata-rata atau mewakili ( $D_{50}$ ) yang relatif sama. Hubungan yang terjadi berbanding terbalik dengan nilai koefisien keseragaman ( $C_u$ ). Semakin tinggi nilai koefisien keseragaman ( $C_u$ ) tanah pasir, semakin kecil penurunan yang terjadi. Artinya selain dipengaruhi ukuran butiran, tingkat penurunan likuifaksi juga dipengaruhi oleh tingkat keseragaman tanah pasir. Walaupun kedua sampel bergradasi buruk, dalam konteks ini dapat dikatakan semakin tinggi tingkat keseragaman tanah pasir (semakin baik gradasi butiran) semakin rendah penurunan yang terjadi.

## **5.2 Saran**

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah diperoleh dan dilakukan, disarankan beberapa hal berikut :

1. Hasil pengujian dan data yang didapat sebaiknya dibandingkan dengan metoda pengujian dan perhitungan yang lainnya.
2. Sebelum melakukan pengujian, sebaiknya dilakukan pengecekan alat dan persiapan sampel agar mendapatkan hasil yang maksimal. Sampel harus terhindar dari beban dinamis atau siklik dari luar sebelum dilakukan pengujian, karena dapat mempengaruhi hasil yang didapat.
3. Alat uji seperti batang pengukur sebaiknya disiapkan dengan keakuratan yang lebih baik agar hasil pengujian yang didapat lebih baik.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Agus Wahyudi. 2010. *Potensi Likuifaksi Pada Tanah Pasir Berdasarkan Pengaruh Ukuran Butiran*. Skripsi sarjana yang tidak dipublikasikan, Universitas Andalas.2010.
- Das, Braja M. 1990.*Fundamental Of Soil Dynamics*. United State: PWS-KENT Publishing.
- Das, Braja M. 1982. *Mekanika Tanah I*. Jakarta : Erlangga
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2008. *Mekanika Tanah I*. Edisi ke-1, Yogyakarta: Beta Offset.
- Craig, R.F. 1991. *Soil Mechanics*. Edisi ke-4, Jakarta : Erlangga
- Budhu, Muni.2007. *Soil Mechanics and Foundations*. 2<sup>nd</sup> Edition, USA: Jhon Wiley and Sons, Inc.
- Anderson, L.R, Dunn. L. S., Kiefer, E. W. 1980. *Dasar-dasar Analisis Geoteknik*. Departemen Teknik Sipil Utah University.